

文章编号:1671-6833(2014)04-0029-04

永蓝高速公路荷叶塘危岩体成因分析与防治措施

朱晓斌, 张艳聪, 刘建伟

(山西省交通科学研究院 黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室, 山西 太原 030006)

摘 要:为进一步研究公路边坡危岩灾害的形成原因,找出影响其破坏程度的因素,并提出灾害防治对策建议,采用实地调查和理论分析的手段对永蓝高速进行了研究。查明了荷叶塘高架桥北侧危岩体的致灾环境,从地形地貌、气象水文、地层岩性、地质构造、水文地质条件等方面进行了分析;通过实地调查查明了灾害发生的原因,认为地层岩性和地质构造条件是影响危岩体发育的主要因素;最后针对该危岩体通过力学计算提出了“锚杆锚固+排水+挂网防护”的灾害防治对策。研究成果具有一定的适用性,可为公路工程防减灾提供一定的依据。

关键词:永蓝高速;荷叶塘;危岩体;成因分析;防治对策

中图分类号: U416.14 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2014.04.007

0 引言

随着我国经济的快速发展,山区高等级公路的建设已经展开,但是由于特殊的地形地貌、地质构造条件,在山区高速公路的建设过程中,高填、深挖以及陡坡路堤(堑)、岩溶等特殊岩土问题较多,加之地质勘查技术和手段的局限,往往不能够超前了解公路工程中可能遇到的所有地质问题,容易诱发大规模的地质灾害,造成重大经济损失,严重影响施工进度及运营安全^[1]。

永蓝高速公路是国家高速公路网规划中二连浩特至广州高速在湖南境内最南端的一段,永蓝高速公路采用四车道高速公路标准建设,设计速度 100 km/h,路基宽度 26 m,荷载等级为公路 I 级,主线采用沥青混凝土路面。永蓝高速公路穿越海拔近 2 000 m 南岭山脉,地形起伏大,地质构造强烈,溶洞、暗河十分发育,地质灾害潜伏性强,属湖南省近几年施工难度大、地形地质复杂的高速公路项目之一^[2]。

荷叶塘高架桥位于永蓝高速公路第 2 合同段,属大跨径、高墩特大型桥梁,里程桩号为 K52+382~K53+419,全长 1 037 m。笔者针对永蓝高速公路 K52+442~K52+500 荷叶塘高架桥北侧危岩体,从地形地貌、气象水文、地层岩性、地质构造、水文地质等方面分析了致灾环境,研究了致

灾原因,最后通过岩体稳定性分析提出了灾害防治措施。

1 永蓝高速荷叶塘危岩体主要孕灾环境

1.1 地形地貌

湖南地处云贵高原向江南丘陵和南岭山地向江汉平原的过渡地带,地势起伏比较大,地貌类型复杂多样。地貌形态比较单调,湘粤交界的九峰圩、东岭圩等地,高程 500~1 000 m,多圆锥形的山地,山脉无固定的方向,山脊尖峭。荷叶塘高架桥桥址位于宁远县清水桥镇荷叶塘村,本桥跨越荷叶塘谷地,桥址两侧为低山,地势陡峭;中间为谷地,地势总体较平缓;两侧山体与谷地相对高差 110 m 以上,如图 1 所示。

1.2 气象水文条件

桥址所在地属亚热带季风湿润气候区,总体特征为:雨量丰富、生长期长、四季分明、冬冷期短、夏热期长。四季温差变化较大,最高 43℃,最低 -13.3℃,多年平均气温 16~17.2℃;多年平均相对湿度 81%,潮湿系数 1.61,绝对湿度 17.4 毫巴;多年平均降雨量 1 324~1 551 mm,其中 4~8 月份降雨量占年降雨量的 60% 以上,且多绵绵细雨,可连续 30 d 以上,8 月份以后雨量减少,11

收稿日期:2014-03-11;修订日期:2014-05-03

基金项目:山西省交通建设科技项目(11-2-15)

作者简介:朱晓斌(1986-),男,山西长治人,高级工程师,硕士,主要从事路基工程及公路灾害防治科研工作,E-mail: 304697796@qq.com.

月至来年 2 月降雨量很少,仅占年降雨量的 18% 左右;多年平均陆面蒸发量 550~800 mm、水面蒸发量 1 000~1 200 mm,蒸发量小。

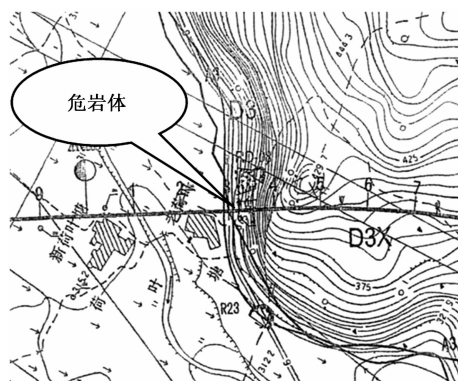


图 1 危岩体平面图

Fig.1 Plan of dangerous rock

1.3 地层岩性

永蓝高速公路沿线岩层以灰岩为主,包括炭质灰岩、泥质灰岩、灰岩、炭质页岩,并且常有岩浆岩(花岗斑岩)出露。沿线风化作用强烈,平原微丘区残积覆盖层厚度大,以亚黏土、碎石土、含砾亚黏土为主;山岭重丘区和平原微丘区交错,红黏土、软土分布广,岩石以石灰岩居多,但是风化破碎严重、完整性较差,坡体表面覆盖层较薄^[3]。

荷叶塘高架桥桥区上覆土层厚度变化大,主要分布于谷地中。K52+382~K52+442 段山坡上发育残坡积成因的更新统亚黏土,属红黏土,上硬下软,下部多呈软塑~可塑状,厚度向谷地方向渐变薄,揭示的最大厚度为 25.0 m;K52+442~K52+500 段分布崩塌堆积体,其成分主要为粒径 20~400 cm 的灰岩、白云质灰岩块石,泥质填充,最大厚度约 30.0 m;谷地中普遍发育冲洪积成因的更新统漂石、卵石层,间夹亚黏土,钻孔揭示的漂石层最大厚度为 53.0 m;K53+300~K53+419 段山坡上发育厚度不等的块石土,多为溶洞顶板坍塌成因,厚度自山坡脚向山坡上渐变薄,山坡脚厚度约 5~10 m,山坡顶附近弱风化白云质灰岩基岩大片裸露。

1.4 地质构造

根据 1:20 万区域地质调查报告和区域地质图,桥位区域属华夏系构造。根据对桥位区岩性调查、揭示以及两侧山坡上基岩露头处所测得的岩层产状分析,本桥总体发育于一背斜构造中,南北两侧山体岩性中普遍含白云质,而谷地中钻探揭示的岩性一般为灰岩(含白云质少或不含白云质),该背斜轴部走向近 NE,背斜向 SW 倾伏,背

斜核部位于谷地中间。

调查发现,一条区域性断层 F1 在本桥东约 1 km 处出露。该断层由两个断层带组成,北侧断层带宽度约 100 m,南侧断层带宽约 80 m,两者近于平行,间距约 50 m。断层带中岩性主要为泥盆系跳马涧组泥质砂岩夹页岩;断层北侧以及两断层中间地段均为较完整的泥盆系中统跳马涧组石英砂岩,断层带南侧为锡矿山组灰岩。该断层带属正平移断层,总体近直立,走向 NE。根据该断层的走向判断,其走向与荷叶塘谷地走向一致,且其延伸趋势指向荷叶塘谷地中^[4]。

1.5 水文地质条件

经地表调绘,地下水以岩溶水为主,赋存于溶蚀裂隙、溶沟、溶洞等岩溶管道中,其高程 311.80~353.50 m,属于基岩风化层中的上层滞水或风化裂隙水,受桥区谷地溶蚀基准面控制,在岩体附近的坡脚以岩溶泉形式出露。

2 荷叶塘危岩体成灾原因分析

荷叶塘高架桥路线走向约 150°,北侧危岩体上覆亚黏土厚度约 5~20 m,基岩为灰岩,岩质坚硬。危岩所在高边坡坡面产状为 117°∠90°,岩性为巨厚层白云质灰岩,整体结构,表层风化程度较低,为崩塌的产生提供了物质条件。通过现场调查确认,断层 F1 在桥区以约 4 条小型断层出现,总体走向 NE,直立或稍倾向 SE、NW,断层宽度 <20 m,断层带中岩石已重新胶结成软岩。平行于悬崖壁发育一条长大裂隙,该裂隙在坡顶处张开度约 30~50 cm,而且裂隙中岩溶发育,如图 2 所示。



图 2 危岩体裂隙发育示意图

Fig.2 Fractures of dangerous Rock mass developing diagram

裂隙 1 和裂隙 2 自上而下切割危岩体,但未贯通,闭合于危岩体中部。现场调查初步确定危岩体

范围由大裂隙所控制,大裂隙旁出露的层面产状为 $292^{\circ}\angle 42^{\circ}$,为反倾,延展性差.在陡峭岩壁处,节理组合面将岩壁上的岩体切割成长柱体或菱形体或薄板,在水、重力及其它外力作用下,易产生倾倒破坏或崩塌碎落.倾倒破坏的规模较大,可能对工程造成毁灭性的破坏,在桥梁施工前,应先对岩体进行加固.如未在桥梁施工前加以防护、加固,危岩体倾倒破坏及崩落、坍塌会沿裂隙逐步向谷地方向发展,进而引起上覆土层和下伏岩体失稳^[5].

3 荷叶塘危岩体防治措施及施工要点

3.1 危岩体防治措施及计算理论

针对该危岩体,拟采用锚杆支护、加强排水和挂网防护等措施加强其稳定性,其中锚杆防护设定参数和形式如表 1 所示.为了验证锚杆防护的

可靠性和锚杆设计参数的合理性,对锚固的危岩体进行了滑动稳定性计算.计算方法为极限平衡法,计算目标为计算安全系数.计算参数和计算简图如表 2、图 3 所示.

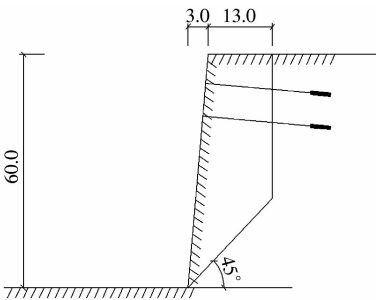


图 3 荷叶塘危岩体锚杆防护稳定性计算简图
Fig.3 Heyetang dangerous rock mass
bolt protection stability calculation diagram

表 1 荷叶塘高架桥北侧危岩体锚杆防护基本参数

Tab.1 Basic parameters of the bolt protection against dangerous rock mass on the north side of Heyetang viaduct									
序号	支护类型	水平间距/	竖向间距/	入射角/	锚固体直径/	自由段长度/	锚固段长度/	配筋	强度/ MPa
		m	m	(°)	mm	m	m		
1	锚杆	2.000	8.000	10.0	200	15.000	5.000	1D20	2 100.0
2	锚杆	2.000	8.000	10.0	200	15.000	5.000	1D20	2 100.0

表 2 荷叶塘高架桥北侧危岩体锚杆防护稳定性计算参数

Tab.2 Stability calculation parameters of the bolt protection against dangerous rock mass on the north side of Heyetang viaduct		
基本参数	边坡高度/m	60.000
	结构面倾角/(°)	45.0
	结构面黏聚力/kPa	48.6
	结构面内摩擦角/(°)	50.0
	张裂隙离坡顶点的距离/m	13.000
坡线参数	水平投影/m	3.000
	竖向投影/m	60.000
	倾角/(°)	87.1
岩层参数	控制点 Y 坐标/m	60.000
	容重/(kN·m ⁻³)	18.0
	锚杆和岩石黏结强度/kPa	80.0
锚杆控制 参数	边坡工程重要性系数	1.0
	锚固体与地层黏结工作条件系数	1.00
	锚杆钢筋抗拉工作条件系数	0.69
	钢筋与砂浆黏结强度工作条件系数	0.60
	交互锚杆钢筋的抗拉强度	否
	锚杆配筋荷载分项系数	1.30

3.2 危岩体稳定性评价

根据 DZ/T 0218—2006《滑坡防治工程勘察规范》^[6],滑塌式危岩稳定安全系数取值为: $K < 1.0$ 时不稳定, $1.0 \leq K < 1.2$ 时欠稳定, $1.2 \leq K < 1.3$ 时基本稳定, $K \geq 1.3$ 时稳定.采用锚杆防护之后,该危岩体呈稳定状态,基本不会产生崩塌、落石等地质灾害,计算结果如表 3 所示.

3.3 防治与施工要点

(1)排水设施施工.岩体坡顶应设置坡顶截水沟,且应在荷叶塘高架桥和坡体清方施工前完成.截水沟开挖之前应做好衬砌准备,以便开挖后及时衬砌,减少地表水入渗.这项措施是减小挖方边坡坍塌的重要手段.当挖方揭露出地下水时,应在地下水出露点用粗砂石料填压,然后做盲沟引排地下水^[7].

(2)挂网防护.挂网防护可以充分利用系统的柔性和施工布置的灵活性,最大限度地适应各种复杂的地形地貌环境,避免或尽可能降低因开

表 3 荷叶塘高架桥北侧危岩体锚杆防护稳定性计算结果

Tab.3 Stability Calculation results of the bolt protection against dangerous rock mass on the north side of Heyetang viaduct										
岩体重 量/kN	水平外 荷载/kN	竖向外 荷载/kN	侧面裂隙 水压力/kN	底面裂隙 水压力/kN	锚杆 1 抗力/kN	锚杆 2 抗力/kN	结构面上 正压力/kN	总下滑 力/kN	总抗滑 力/kN	安全 系数
13 356.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0	9 485.1	9 415.4	12 403.6	1.317

挖所造成的环境破坏和对边坡稳定性的危害,以及对其他作业正常运营的干扰,还可以同步或超前于土石方主体工程的施工,即能实现逆作法施工或平行作业^[8]。

(3)锚杆防护. 此危岩体受构造作用形成块体结构,块度大、重量大、位置高,一旦脱离母体其能量大、弹跳高,被动拦截较为困难,应采取以锚杆为主的主动防护型式. 锚杆防护必须在充分分析研究地质资料和现场条件后进行,并需进行动态设计^[9]。

(4)信息化施工. 在施工过程中,施工机械对于危岩体的扰动同样会改变岩体的原有状态,使岩体稳定性降低. 因此,应加强对坡体结构和变形的实时监测,及时掌握施工对岩体稳定的影响,并及时根据监测信息更改施工安排,保证人员和机具的安全^[2]。

4 结论

研究了该危岩体的致灾原因,认为地质构造条件和岩性条件是造成灾害的主要影响因素;提出了“锚杆锚固+排水+挂网防护”的综合防治对策,并通过理正岩质边坡(稳定)分析软件,采用极限平衡法,对危岩体进行了力学稳定性分析计算,结果证明,防治对策设置科学、合理,可以达到防护目的。

参考文献:

- [1] 李朋丽,林凯明,李家春,等. 永蓝高速公路 K18+000~K18+350 滑坡成因分析与防治措施研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,2010,21(1):19-23.
- [2] 赵欢. 强风化地区公路路堑边坡变形破坏机理与施工信息化管理研究[D]. 西安:长安大学公路学院,2011.
- [3] 尹超,田伟平,李俊,等. 黄土公路边坡冲刷破坏影响因素和防治对策[J]. 交通企业管理,2012,27(3):52-54.
- [4] 吴有林,陈贻祥. 荷叶塘高架桥不良地质发育特征及处置分析[J]. 公路工程,2010,35(3):41-45.
- [5] 曲永新,张永双,覃祖森. 三趾马红土与西北黄土高原滑坡[J]. 工程地质学报,1999,7(3):257-265.
- [6] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0218—2006. 滑坡防治工程勘查规范[S]. 北京:中国标准出版社,2006:35-37.
- [7] 齐洪亮,田伟平,李家春. 干线公路灾害防治试点工程灾害特征及治理—以国道 316 线陕西境安康至汉中段为例[J]. 广西大学学报:自然科学版,2011,36(4):611-615.
- [8] 赵宝军. 挂网客土喷播技术在高速公路边坡防护中的应用[J]. 山西交通科技,2004,164(4):20-22.
- [9] 王俊杰. 高边坡危岩崩塌整治方案设计[J]. 黑龙江交通科技,2010,196(6):49-50.

Cause Analysis and Prevention Measures of Heyetang Dangerous Rock Body of Yonglan Expressway

ZHU Xiao-bin, ZHANG Yan-cong, LIU Jian-wei

(Key Laboratory of Highway Construction and Maintenance Technology in Loess Region, Shanxi Transportation Research Institute, Taiyuan 030006, China)

Abstract: This paper focuses on dangerous rock body of Yonglan expressway. The author studies causes of the dangerous rock disasters of highway slope and puts forward suggestions for disaster prevention by means of field investigation and theoretical analysis. It also identifies the disaster-causing environment of dangerous rock mass on the north side of Heyetang viaduct, and analyzes topography, meteorology and hydrology, lithology, geological structure, hydrogeological conditions, etc; it also finds out the reasons for disasters by field survey; the study shows that the conditions of formation lithology and geological structures are main factors affecting the development of dangerous rock mass; disaster prevention measures against the dangerous rock mass of “bolt anchoring + drainage + linked network protection” are put forward through mechanics calculations. The research provides a basis for disaster prevention of highway engineering.

Key words: Yonglan expressway; Heyetang; dangerous rock body; cause analysis; prevention measure